



## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **09282661 A**(43) Date of publication of application: **31.10.97**

(51) Int. Cl.

**G11B 7/00**  
**B41M 5/26**  
**G11B 7/007**  
**G11B 7/24**

(21) Application number: **08118491**(22) Date of filing: **16.04.96**(71) Applicant: **MITSUBISHI CHEM CORP**

(72) Inventor: **HORIE MICHIKAZU**  
**ONO TAKASHI**  
**TSUBOYA KANAKO**

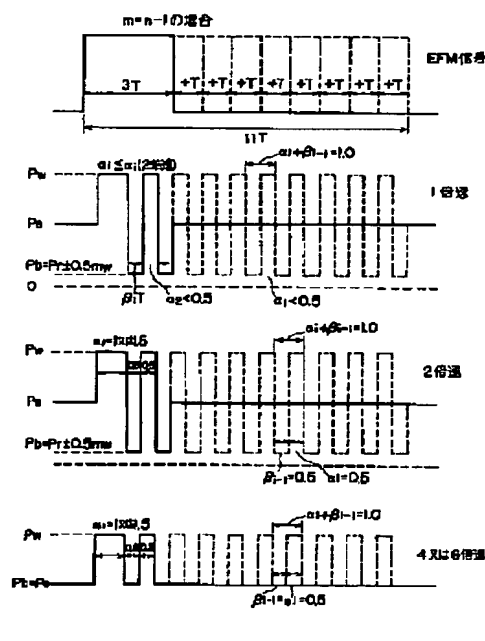
(54) **OPTICAL RECORDING METHOD, DEVICE  
 THEREFOR AND OPTICAL RECORDING  
 MEDIUM**

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To secure interchangeability between media having different re-crystallizing speeds and the dependency on the velocity in a phase transition type recording medium.

**SOLUTION:** When an amorphous mark of the length  $nT$  is formed in a phase transition type recording medium, by alternately providing a period  $\alpha_i T$  ( $12i2m$ ) applying a recording power  $P_w$  and a period  $\beta_i T$  applying a bias power  $P_b$ , a laser power is divided into  $(m)$  pulses. In this division, the combination of  $\alpha_i T$ ,  $\beta_i T$  or a ratio between  $P_b$  in  $\beta_i T$  and an erasing power  $P_e$ :  $\theta = P_b/P_e$  and  $P_w$  is recorded in a phase transition medium itself. A recording device controls the laser power according to the combination of the recorded parameter. Consequently, interchangeability between the media having different characteristics is secured.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-282661

(43) 公開日 平成9年(1997)10月31日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 1 1 B 7/00		9464-5D	G 1 1 B 7/00	L
B 4 1 M 5/26		9464-5D	7/007	
G 1 1 B 7/007		8721-5D	7/24	5 1 1
7/24	5 1 1		B 4 1 M 5/26	X

審査請求 未請求 請求項の数 9 F D (全 11 頁)

(21) 出願番号 特願平8-118491

(22) 出願日 平成8年(1996)4月16日

(71) 出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番2号

(72) 発明者 堀江 通和

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(72) 発明者 大野 孝志

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

(72) 発明者 坪谷 奏子

神奈川県横浜市青葉区鴨志田町1000番地

三菱化学株式会社横浜総合研究所内

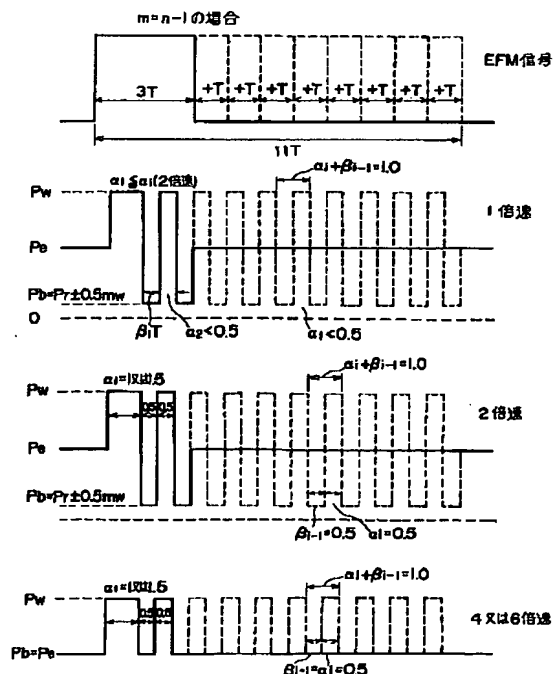
(74) 代理人 弁理士 稲垣 清

(54) 【発明の名称】 光記録方法、装置及び光記録媒体

(57) 【要約】

【課題】 相変化型記録媒体について、再結晶化速度及び速度依存性が異なる媒体間の互換性を確保する。

【解決手段】 相変化型記録媒体で長さ  $nT$  の非晶質マークを形成する際に、記録パワー  $P_w$  を印加する期間  $\alpha_i T$  ( $1 \leq i \leq m$ ) とバイアスパワー  $P_b$  を印加する期間  $\beta_i T$  とを交互に設けることで、レーザパワーを  $m$  個のパルスに分割する。この分割において、線速度  $V$  に対応させて、 $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$  又は  $\beta_i T$  における  $P_b$  と消去パワー  $P_e$  の比  $\theta = P_b / P_e$ 、 $P_e$ 、及び、 $P_w$  のパラメータの組合せを、相変化媒体自体に記録する。記録装置は、この記録されたパラメータの組合せに従って、レーザパワーを制御する。これにより、特性が異なる媒体間の互換性を確保する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザパワーをクロック周期Tに従って記録パワー $P_w$ 、消去パワー $P_e$ 、及び、バイアスパワー $P_b$ の少なくとも3値の間で変調することで光学的に識別可能な非晶質マークの形成又は消去を行って、相変化型記録媒体にデータを記録・消去する光記録方法において、

記録パワー $P_w$ を印加する期間を $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n T$ とし且つバイアスパワー $P_b$ を印加する期間を $\beta_1 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\beta_n T$ として、レーザパワーのための印加期間を順次に $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n T$ 、 $\beta_n T$ と選定することで、 $n$ を2以上の整数として長さ $n T$ の非晶質マークを記録するレーザパワーを $m$ 個のパルスに分割し、

$k$ を0から2迄の整数から成るパラメータ、 $j$ を0から2迄の実数からなるパラメータとし、且つ、前記 $n$ の最小値を $n_{min}$ として、

$n_{min} - k \geq 1$ 、 $m = n - k$ 、 $\alpha_1 + \beta_1 + \dots + \alpha_n + \beta_n = n - j = n_L$ を条件として、上記分割された $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$ 又は該 $\beta_i T$ におけるバイアスパワー $P_{bi}$ と $P_e$ との比 $P_{bi}/P_e = \theta_i$ 、消去パワー $P_e$ 、及び、記録パワー $P_w$ の組合せに関するパルス分割情報を予めディスク上に記載し、該パルス分割情報を選択して記録を行なうことを特徴とする光記録方法。

【請求項2】 最小線速度 $V_L$ を1.2～1.4 m/sの範囲とし、

$m = n$ 、 $n - 1$ 又は $n - 2$ としたマーク長変調のEFM変調を用い、

線速度 $V$ を $V_L$ 、 $2 V_L$ 、 $4 V_L$ 又は $6 V_L$ の有限個の値として選定し、

線速度 $V$ が $2 V_L$ 以上において、 $\alpha_{1b} = 1.5$ 又は1.0、且つ、 $i$ が $2 \leq i \leq m$ の範囲において $\beta_{1b} = \alpha_{1b} = 0.5$ とし、

全ての線速度 $V$ において、 $i$ が $2 \leq i \leq m$ の範囲において $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$ とし、且つ、 $\beta_n$ が0を含み $\beta_m \neq \beta_i$  ( $i < m$ ) なる値を取り得るものとし、

線速度 $V$ が $2 V_L$ において、 $i$ が $1 \leq i \leq m$ の範囲に対して、 $P_r$ を再生光パワーとして、 $P_{bi} = P_r \pm 0.5$  mWとし、

線速度 $V$ が $V_L$ において、 $i$ が $2 \leq i \leq m$ の範囲において $0.05 < \alpha_i < 0.5$ 、且つ、 $\alpha_n \leq \alpha_{1b}$ とし、

線速度 $V$ が $4 V_L$ 及び $6 V_L$ において、 $i$ が $1 \leq i \leq m$ の範囲において $P_{bi} = P_e$ とすることを特徴とする請求項1に記載の光記録方法。

【請求項3】  $m = n$ 、 $n - 1$ 、又は、 $n - 2$ とするEFM変調方式を用い、最小線速度 $V_L$ が1.2～1.4 m/sの範囲にあり、線速度 $V$ を $V = V_L$ 、 $2 V_L$ 、 $4 V_L$ 又は $6 V_L$ の有限個の値を取り得るものとし、 $\alpha_i$ を $\alpha_i = 0.05 \sim 1.5$ とし、全ての線速度において $i$ を $2 \leq i \leq m$ の範囲として $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$ 、且つ、 $\beta_n$ 、

が0を含み他の $\beta_i$ とは異なる値をとるものとし、バイアスパワー $P_b$ と消去パワー $P_e$ の比 $\theta = P_b/P_e$ 、又は、 $P_b$ を記録媒体及び線速度に依存しない一定値とし、 $\alpha_i$ を同一の記録媒体については記録時の線速度が低いほど単調に小さくした、請求項1に記載の光記録方法。

【請求項4】  $i$ を $1 \leq i \leq m$ の範囲として線速に応じて $\alpha_i$ を変化させる際に、 $\alpha_i T$ に対して一律に $\gamma T$ を加減する、請求項1に記載の光記録方法。

10 【請求項5】 請求項2又は3に記載の光記録方法に適した相変化型記録媒体であって、

基板上に、少なくとも下部誘電体層、 $\{(GeTe), (Sb_2Te_3)_{1-y}\}_{1-x}Sbx$  (但し $0 \leq x < 0.1$ 及び $0.2 < y < 0.9$ ) 記録層、上部誘電体層、金属反射層が順次に形成されており、記録層膜厚が15～30 nm、上部誘電体保護層の膜厚が10～30 nmの範囲であることを特徴とする相変化型記録媒体。

【請求項6】 請求項2又は3に記載の光記録方法に適した相変化型記録媒体であって、

20 基板上に、少なくとも下部誘電体層、 $\{M, (Te_{1-x}Sbx)_y\}$  (但し、 $0 \leq y < 0.3$ 、 $0.5 < x < 0.9$ 、及び、 $M$ はIn、Ga、Zn、Si、Pb、Co、Cr、Cu、Ag、Au、Pd、Pt、S、Se、Oから選択される少くとも1種) 記録層、上部誘電体層、金属反射層が順次に形成されており、記録層膜厚が15～30 nm、上部誘電体層の膜厚が10～30 nmの範囲であることを特徴とする相変化型記録媒体。

【請求項7】 前記パルス分割情報が、記録領域の最内周又は最外周に近接した領域に配設された、光ビーム案内用の溝の断続、又は、溝内若しくは溝間の凹凸によって記録される、請求項5に相変化型記録媒体。

【請求項8】 前記パルス分割情報が、記録領域の最内周又は最外周に接した領域に配設された溝の周期的蛇行となる周波数変調により記録される、請求項5に記載の相変化型記録媒体。

【請求項9】 相変化型記録媒体上に記載されたパルス分割方法を読み取り、指定されたパルス分割方法及び線速度に従って、相変化型記録媒体にマーク長変調記録を行なうことを特徴とする、相変化型記録媒体のための記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は光学的記録媒体および光学的記録方法及び装置に関する。より詳しくは、レーザ光などの照射により、情報を記録、消去、再生可能な相変化型光学的記録媒体について、再結晶化特性及び線速度依存性が異なるディスク間の互換性を確保し得る記録方法及びこれに用いる記録媒体及び記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】近年、情報量の増大、記録・再生の高密度・高速化の要求に応える記録媒体として、レーザーを利用した光ディスクについての開発が盛んに行われている。記録可能な光ディスクには、一度だけ記録が可能な追記型と、記録・消去が何度でも可能な書換え型とがある。書換え型光ディスクとしては、光磁気効果を利用した光磁気記録媒体や、可逆的な結晶状態の変化を利用した相変化媒体が挙げられる。相変化媒体は外部磁界を必要とせず、レーザー光のパワー変調だけで、記録・消去が可能である。さらに、消去及び再記録を単一ビームで同時に進行、1ビームオーバーライトが可能であるという利点を有する。1ビームオーバーライト可能な相変化記録方式では、記録膜の $\mu\text{m}$ オーダーの微小部分を非晶質化させることによって記録マークを形成し、これを結晶化させることによって消去を行う手法が一般的である。このような、相変化記録方式で用いられる記録層材料としては、カルコゲン系合金薄膜を用いることが多く、例えば、Ge-Te系、Ge-Te-Sb系、In-Sb-Te系、Ge-Sn-Te系合金薄膜等が挙げられる。

【0003】一般に、書換え型の相変化記録媒体では、相異なる2つの状態（結晶状態及び非晶質状態）を実現するために、異なる2つのレベルのレーザー光パワーを用いる。この方式を、結晶化された初期状態から非晶質マークを形成し、また、これを再び結晶化して非晶質マークの消去を行う場合を例にとって説明する。結晶化は、記録層の結晶化温度より十分に高く、融点よりは低い温度まで記録層部分を加熱することによってなされる。この場合、結晶化が十分なされる程度に冷却速度が遅くなるように、記録層を誘電体層で挟んだり、ビームの移動方向に長い楕円形ビームを用いたりする。一方、非晶質化は融点より高い温度まで記録層を加熱し、急冷することによって行う。通常の相変化媒体において1ビームオーバーライトを行う際には、記録パルス記録レーザーパワーとそれよりも低いパワーの消去レーザーパワーとの間で変調して、既に記録されている過去の非晶質マークを消去しながら記録を行う。この場合、誘電体層は、記録層で十分な冷却速度（過冷却速度）を得るための放熱層として機能する。さらに、上述のような、加熱・冷却過程における記録層の熔融・体積変化に伴う変形や、プラスチック基板への熱的ダメージを防ぎ、或いは、湿気による記録層の劣化を防止するためにも、上記誘電体層が重要な役割を有する。一般に、誘電体層の材質は、レーザー光に対して光学的に透明であること、融点・軟化点・分解温度が高いこと、膜形成が容易であること、適当な熱伝導性を有すること等の観点から選定される。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】非晶質マークの形成は、一旦記録パワーで熔融せしめた記録層部分を、臨界冷却速度以上の速さで冷却することによって行われる

(Mitsubishi Kasei R&D Review vol.4 No2 p68-81)。この冷却速度は、同一層構成を用いた場合には線速度に依存する。つまり、高線速では冷却速度が速くなり、低線速では冷却速度は遅くなる。これを確認するため、本発明の実施例でも用いた層構成である、ポリカーボネート基板上に $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 混合膜を $100\text{nm}$ 、 $\text{GeSbTe}$ 記録層を $25\text{nm}$ 、 $\text{ZnS}:\text{SiO}_2$ 混合膜を $20\text{nm}$ 、 $\text{Al}$ 合金膜を $100\text{nm}$ 順次に形成したディスクで、一般的な差分法を用いた熱分布シミュレーションを行った。この場合、計算上の記録パワー（レベル） $P_w$ 、及び、ベースパワー（レベル） $P_b$ を照射して、記録層が最高到達温度 $1350^\circ\text{C}$ にまで達するように昇温した後に、温度が降下する過程において、融点（ $600^\circ\text{C}$ ）付近における臨界冷却速度を、パルス照射開始位置から $0.1\mu\text{m}$ 進んだ位置で調べた。結果は、線速度が $10\text{m/s}$ 以上では数 $\text{K/nsec}$ 以上、 $4\text{m/s}$ では $2.2\text{K/nsec}$ 、 $1.4\text{m/s}$ では $0.9\text{K/nsec}$ であった。

【0005】上記は、ディスク線速度が比較的小さい場合には、熔融領域の一部又は全部が再凝固する際の冷却速度が非晶質化のための臨界冷却速度に達せず、記録熔融後に再結晶化が起こり、十分な非晶質マークの形成が困難になるためと考えられる。熔融後に再結晶化した記録マークの再生波形を観察すると図1のようになり、非晶質膜部分の状態を示す図2を併せて参照すると、記録マークの前半部分では再結晶化が大きく、マーク後半部分では比較的良好に非晶質化されていることが判る。このことは、記録パワーに相当するレーザービームの連続照射により、マーク後半部分に相当する領域へのレーザー照射による熱が、一旦は熔融したマーク前半部分に相当する領域に伝導し、その結果、マーク前半部分が急冷されずに再結晶化してしまうことによると説明できる。この場合、マーク後半部分では、その直後に記録パワーに相当するレーザービームが照射されなくなるために、余計な熱の伝導がなく、熔融した部分が良好な非晶質になる。以上を考慮すると、記録パワーの照射開始後に、一旦パワーを落とすことによって記録パルスを分割すれば、記録層の時間的な温度変化が急冷的になり、記録時の再結晶化によるマークの劣化を抑えることが可能になると推論できる。

【0006】上記を考慮した記録方法の例としては、特開平2-165420号、特開平4-212735号、特開平5-62193号、特開平5-325258号、特開平1-116927号の各公報、*Jap. J* vol.30 No.4 (1991), pp677-681等があり、また、オフパルスを利用したものでは第40回応用物理学関係連合会春季講演会29a-B-4、特開平7-37251号、特開平6-4867号、特開平1-253828号、特開平1-150230号、特開平1-315030号、特開平4-313816号、特開平2-199628号、特開昭63

ー113938号の各公報等が挙げられる。

【0007】他方、記録媒体側、特に記録層材料の観点からすれば、記録時には、非晶質マーク形成のための臨界冷却速度、再凝固時の溶融領域からの結晶化速度で非晶質マークの形状等が定まる。消去時には、固相での核形成、核成長速度に支配される結晶化特性で消去比が定まる。このような物質固有の特性は、記録層材料及び組成によって大きく異なる。現在、実用化されている、或いは、実用化されつつある有用な記録層材料としては、Ge、Sb、Teの3元を主成分とする合金や、Ag、In、Ib、Teを主成分とする合金であるが、当然のことながら、上記の物質固有の特性は大きく異なる。更に、冷却速度や結晶化のための保温時間は、記録媒体の層構成にも大きく依存する。前述のように、相変化媒体の記録層は、耐熱性の誘電体保護層で挟まれるのが普通である。また、記録層上部の保護層上に更に金属反射層を用いることも多い。当然のことながら、保護層や反射層の熱物性や厚みにより、記録層の冷却速度、高温に維持される時間は異なってくる。

【0008】上記のような記録層材料及び層構成の最適化を行うことにより、特定の線速及び特定の記録方法（記録パルス分割方法）を使用する記録装置で、特性よく情報の記録、消去、再生を行うことが可能である。しかしながら、そのような最適化のみでは、その記録媒体の層構成及び記録層組成が適応できる線速度及びパルス分割方法が狭いため、ある一定の範囲の線速度及びパルス分割方法や、特定の媒体での記録時には有効ではあるものの、線速度が大きく異なる条件下や再結晶化特性が異なる媒体では良好な記録が行えなくなる場合が多い。すなわち、記録装置側がある特定の媒体のみを対象に設計され、一定のパルス分割方法を採用する限り、相異なる再結晶化特性、従って、線速依存性を有する相変化型光ディスク媒体の互換性をとることは困難であった。この問題が解決されない限り、ユーザサイドでのトラブルが続出し、相変化媒体の健全な市場の発展は望めない。

#### 【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記問題の解決のため、記録時線速度及び個々の媒体に合わせたパルス分割の方法を提案し、また、互換性を確保するための具体的方法についても提案する。

【0010】すなわち、本発明の光記録方法は、レーザーパワーをクロック周期Tに従って記録パワー $P_w$ 、消去パワー $P_e$ 、及び、バイアスパワー $P_b$ の少なくとも3値の間で変調することで光学的に識別可能な非晶質マークの形成又は消去を行って、相変化型記録媒体にデータを記録・消去する光記録方法において、記録パワー $P_w$ を印加する期間を $\alpha_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n T$ とし且つバイアスパワー $P_b$ を印加する期間を $\beta_1 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\beta_n T$ として、レーザーパワーのための印加期間を順次に $\alpha_1 T$ 、 $\beta_1 T$ 、 $\alpha_2 T$ 、 $\beta_2 T$ 、 $\dots$ 、 $\alpha_n T$ 、 $\beta_n T$ と選定することで、nを2以上の整数として長さnTの非晶質マークを記録するレーザーパワーをm個の

のパルスに分割し、kを0から2迄の整数から成るパラメータ、jを0から2迄の実数からなるパラメータとし、且つ、前記nの最小値を $n_{min}$ として、 $n_{min} - k \geq 1$ 、 $m = n - k$ 、 $\alpha_1 + \beta_1 + \dots + \alpha_n + \beta_n = n - j = n_k$ を条件として、上記分割された $\alpha_i T$ 、 $\beta_i T$ 又は該 $\beta_i T$ におけるバイアスパワー $P_{bi}$ と $P_e$ との比 $P_{bi}/P_e = \theta$ 、消去パワー $P_e$ 、及び、記録パワー $P_w$ の組合せに関するパルス分割情報を予めディスク上に記載し、該パルス分割情報を選択して記録を行なうことを特徴とする。

【0011】また、本発明の相変化型記録媒体は、上記光記録方法に適した相変化型記録媒体であって、基板上に、少なくとも下部誘電体層、 $\{(GeTe), (Sb_2Te_3)_x\}$ 、 $Sbx$ （但し $0 \leq x < 0.1$ 及び $0.2 < y < 0.9$ ）記録層、上部誘電体層、金属反射層が順次に形成されており、記録層膜厚が15～30nm、上部誘電体保護層の膜厚が10～30nmであることを特徴とする。

【0012】また、上記に代えて、本発明の相変化型記録媒体は、前記光記録方法に適した相変化型記録媒体であって、基板上に、少なくとも下部誘電体層、 $\{M, (Te_{1-x}Sb_x)\}_y$ （但し、 $0 \leq y < 0.3$ 、 $0.5 < x < 0.9$ 、及び、MはIn、Ga、Zn、Si、Pb、Co、Cr、Cu、Ag、Au、Pd、Pt、S、Se、Oから選択される少くとも1種）記録層、上部誘電体層、金属反射層が順次に形成されており、記録層膜厚が15～30nm、上部誘電体層の膜厚が10～30nmであることを特徴とする。

【0013】更に、本発明の記録装置は、相変化型記録媒体上に記載されたパルス分割方法を読み取り、指定されたパルス分割方法及び線速度に従って、前記相変化型記録媒体にマーク長変調記録を行なうことを特徴とする。

#### 【0014】

【発明の実施の形態】マーク長記録では、記録マークの始端位置と後端位置とが記録データに対応するため特に重要である。ある最大線速度 $V_h$ のときに採用されるクロック周期を $T_h$ とすると、nを指定することにより、つまり、 $n T_h$ によって記録されるマーク長が決まる。低線速度Vで同じ長さのマークを記録するには、クロック周期Tを計算上 $(V_h/V) \times T_h$ とし、 $n T$ パルスにより同じ長さのマークが得られる筈である。線速に応じてこのようにクロック周期Tを調整することは既に一般的に行われている。しかし、実際には熱拡散によるマーク長の拡大、あるいは再結晶化によるマーク長短縮により、必ずしも所望のマーク長が得られない。このようなことは、最低線速度 $V_l$ が4～6m/s未満の低線速度の場合に特に起こりやすい。そこで、記録パルスを

分割し、個々の分割パルス幅を短くすることで記録層内の温度分布を調整する。このようなマーク長変調の記録方法における記録パルスを図3に示す。

【0015】図3では、長さ $nT$ のマークを記録するためのレーザパワーを $n-k$ 個のパルスに分割した例を示す。場合によっては、 $nT$ マークを記録するのにパルス長 $nT$ 分のレーザパワー、つまり、 $(\alpha_1 + \beta_1 + \dots + \alpha_n + \beta_n) = n$ となるパルス列を印加すると、加熱時間が長くなりすぎて、必要な長さより長いマークが書けてしまうことがある。その場合には、 $(\alpha_1 + \beta_1 + \dots + \alpha_n + \beta_n) = n-j$  ( $j$ は $0 < j \leq 2$ の範囲の実数)とし、それに応じてパルス分割数 $m = n-k$ を変化させてもよい。図4には、例として、 $\beta_i$  ( $1 \leq i \leq m-1$ )を一定とし、 $\beta_n$ のみ異なる値とするパターンを例示した。この場合、 $\beta_n$ の調整により、 $n-j$ を変化させ、所望のマーク長 $nT$ を得ることができる。

【0016】記録媒体に対して、記録時の線速度が異なる場合に、クロック周期を上記のように線速度に比例して変化させ、また、パルス分割方法もその媒体に適応させて変化させることで、広い線速度で高品質の記録を行うことは比較的容易である。一方、層構成や記録層の材料及び組成が若干異なる相変化型記録媒体に対しては、パルス分割方法、及び、その線速による変化のさせかたを、各相変化型媒体の特性に応じて変化させなければならない。即ち、線速度が小さく冷却速度が遅くなった場合に、或いは、記録しようとする相変化型媒体の非晶質化のための臨界冷却速度が大きく、非晶質マークが形成され難い場合には、記録パルス分割方法を変えて、熔融領域の冷却速度を大きくする。

【0017】各相変化媒体の特性に応じて変化させるべきパルス分割方法のパラメータには幾つかあるが、このうちパルス分割数 $m = n-k$ 、及び、パルス長 $n_i = n-j$ 、更には $\alpha_i + \beta_i$ も線速及び媒体によらず一定としたほうが、クロック周期に同期した回路構成を利用できるので、パルス制御回路を簡素化する上で好ましい。本発明においては、記録パワー $P_w$ がオンとなるパルス幅 $\alpha_i T$ を短くし、オフとなる時間 $\beta_i T$ を長くし、又は、記録パワー $P_w$ がオフとなる期間 $\beta_i T$ に印加されるレーザ光パワー(パイアスパワー) $P_{bi}$ の消去パワー $P_e$ に対する比 $P_{bi}/P_e = \theta_i$ を低線速ほど低くすることで、1マーク内に熱がたまることを抑制して冷却速度を増大せしめ、再結晶化を防止する。但し、当然のことながら、記録パワー $P_w$ 、消去パワー $P_e$ は個々の線速によって異なる値をとる。

【0018】特に、 $P_e$ は、そのみを直流的に一回だけ照射したときに、非晶質マークを消去できるパワーに選ばれる。より具体的には、 $f_{\max} = 1/(2n_{\max}T)$ 、又は、 $f_{\min} = 1/(2n_{\min}T)$ なる単一周波数(デューティ比50%)で記録したマーク上に直流的に $P_e$ を照射したときに、消去された信号のキャリア

レベルの減衰が約20dB以上となる $P_e$ が選ばれる。或いは、 $f_{\max} = 1/(2n_{\max}T)$ なる単一周波数(デューティ比50%)で記録したマーク上に、 $f_{\min} = 1/(2n_{\min}T)$ なる単一周波数(デューティ比50%)の信号でオーバーライト(このとき、記録パルスは分割してもしなくても良いが、 $P_w$ と $P_e$ の2値で変調を行う)したときに、 $f_{\min}$ のキャリアレベルと消去された $f_{\max}$ のキャリアレベルの差が約20dB以上となるように $P_e$ を選ぶ。なお、 $P_e$ は $f_{\max}$ 及び $f_{\min}$ の記録信号のC/N比(Carrier to Noise比)が約45dB以上となるように選ばれる。

【0019】記録パワー $P_w$ は、個々の線速においては、パルス長 $nT$ に依存せず一定であり、且つ、一つのマーク内の分割された個々のパルス相互で一定であることが、パルス制御回路を簡素化する上で望ましい。 $P_w$ 、 $P_e$ 、及び、クロック周期 $T$ を記録時の線速に応じて変更することは公知である。しかし、パルス分割方法を線速及び媒体に応じて変化させることは、本発明者等が最初に提案するものである。これらのパルス分割方法を記述するパラメータは、線速に応じて連続的に変化させてもよいが、一定の線速の範囲ごとに段階的に変化させてもよい。ここで、 $P_{bi}$ が0になるとサーボ信号がとれなくなり、トラッキングサーボがかからなくなるので好ましくない。また、 $P_{bi}$ が $P_e$ を超えると、記録層が熔融するため、かえって消去不可能となるため好ましくない。結局、 $P_{bi}$ は、0より大で $P_e$ 以下であることが好ましい。

【0020】異なる相変化媒体の互換性を確保するために、使用するディスクに予めそのディスクに適したパルス分割方法に関する情報を記録する。そのパルス分割情報は、上記パラメータ( $P_w$ 、 $P_e$ 、 $\theta_i$ 、 $\alpha_i$ )のうち可変とするものの組合せを、使用する線速度に合わせて変更するように記載されている。この記載は、 $V_L \leq V \leq V_h$ の範囲の線速度 $V$ について、 $V_L$ 及び $V_h$ における線速度 $V$ のみに関して分割方法を記載し、その間の $V$ については、 $V_L$ 及び $V_h$ に対するパラメータを補間して利用することが可能である。上記情報は、使用するディスクの記録領域の最内周又は最外周に近接した領域の、光ビーム案内用の溝の断続、又は、溝内若しくは溝間の凹凸によって記載することが出来る。或いは、CD-Eでは、記録領域の最内周又は最外周に近接した領域の、光ビーム案内用の溝の周期的蛇行となる周波数変調によって記載できる。このような信号記録方法自体は、CD-Rで実用化されており、ATIP信号(特開平2-87344号公報、特開平3-3168号公報等に記載の技術)と呼ばれるが、本発明で開示する記載内容及びその利用方法は、従来知られていなかった。

【0021】非晶質マークの形を整えるために、 $\beta_i T$ 期間中の $P_{bi}$ を一定ではなく $P_{bi}$ と $P_e$ の比 $\theta_i$ で変化させることは、回路が複雑になるが、ときには好ましい。

10

20

30

40

50

図5 (a) に例示した4 Tマークのためのパターンでは、 $\beta_i T$ の期間中に $P_b$ が、まず、 $0 < P_b < P_e$ をとり、次いで、 $P_b = P_e$ と変化させる場合を挙げた。また、図5 (b) に例示したパターンでは、先に $P_b = P_e$ とし、その後に $P_b < P_e$ と変化させる例をあげた。このように、 $\beta_i T$ において $P_{b_i}$ を $P_b$ と $P_e$ との間で変化させるタイミングは、 $\beta_i$ に関して一定であることが好ましい。即ち、クロック周期 $T$ の整数分の1のタイミングのサブクロックに同期させる。このようにすると、クロック周期 $T$ を変化させても自動的にタイミングが調整される。

【0022】これらの光記録方法において、マーク先端部は、直前のレーザパワーが消去パワーであり、従って温度が上がりにくいことから、先頭の分割パルスのパルス幅をこれに後続する分割パルスよりも長くすると良い場合がある。これを図6 (b) に示した。また、個々の分割された記録パルスの立上がりは、必ずしもクロック周期と同期している必要はないが、パルス制御回路を簡素化するためには、同期していることが好ましい。但し、その場合にも、1つのマーク長に対する、先頭パルス又は最終パルスの立上がりだけをクロック周期から高々 $T$ だけずらすことは、異なるマーク間の熱干渉を補正する上で効果がある。さらには、先行するマークとの熱干渉を抑制するため、後続マークの先頭パルスの直前（最大でも2 T時間経過以前）にオフパルス区間を設けることも複雑にはなるが有効である。この例を図6 (b) に示した。

【0023】更に、上記光記録方法において、線速度 $V_L \leq V < V_h$ において、低線速になるほどパルス幅を短くして最結晶化を防ぐことが出来る。しかし、あまり短くすると記録感度が低下するので、 $0.05 < \alpha_i$ と下限を設けることが好ましい。

【0024】本発明では、マーク長変調記録方法を対象とするが、マーク端検出方式には制限されない。即ち、Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 31 (1992), pp584-589に記載されているような、単純な直流レベルによるスライス、2回微分によるピーク検出の何れも採用できる。また、同文献に記載されているような、マーク端の検出をマーク前端と後端とで別々に行う方法も適用できる。

【0025】本発明を適用できる光記録媒体は、いわゆる相変化型記録媒体であって、結晶状態を未記録状態とし、非晶質の記録マークを形成する形式のものである。この形式の相変化媒体の構成の1例を図7に示す。もちろん、本発明はこの層構成に限定されるものではない。同図において、基板1上に、下部保護層2、相変化型の記録層3、上部保護層4、金属または半導体からなる反射層5、及び、紫外線または熱硬化樹脂からなる保護層6が順次に形成されている。符号2-5で示した各層は、通常はスパッタ法で成膜される薄膜である。記録再生用の集束光は、一般に、透明基板1を透過して記録層

3に照射される。記録層3は記録パワー $P_w$ の照射により局所的に加熱されて溶融し、集束照射光のオフにより、急激に冷却され、固化する際に非晶質マークとなる。非晶質マークは、消去パワー $P_e$ の照射により、融点以下で結晶化温度以上の温度となるように加熱され、再結晶化されて消去される。このような原理でオーバーライトできる記録層材料としては、すでに述べたようなGeSbTe合金（なかでも、GeTeと $Sb_2Te_3$ の疑似2元合金）、 $Sb_{70}Te_{30}$ 共晶組成の近傍でAg、Cu、Au、Ge、Pd、Pt等を添加したものが挙げられる。これらの合金では、特にSb量の制御により、結晶化速度および非晶質形成能、あるいは結晶化温度を制御し、使用する線速度にあわせて最適化を行っている。例えば、GeTe- $Sb_2Te_3$ 疑似2元合金にSbを添加していくと、非晶質形成能が増し、結晶化速度が遅くなるので、低線速向きとなる。また、記録層3や保護層2、4の厚み、保護層及び反射層5の熱伝導率を制御することで、記録時に形成された溶融領域の過冷却速度を制御することで、線速に適合させる制御が可能となる。例えば、保護層の熱伝導率を高くする、或いは、記録層および上部保護層の厚みを15-30 nmとして、記録層から反射層への熱拡散を促進すると、非晶質化が促進されるので、低線速向きとなる。なお、本発明では、前記 $P_e$ を決定する際に、消去比が20 dBに達しないような記録層材料、組成、層構成の媒体は好ましくない。このような媒体は、いかようにパルス分割方法を変更しようとも、オーバーライトした際に、以前に記録したマークの消し残りが生じ、信号品質を大幅に低下させるからである。

【0026】本発明のより具体的な応用例としては、記録可能なコンパクトディスク (CD-E) が挙げられる。CD-Eでは、最小線速度 $V_L$ は $V_L = 1.2 \sim 1.4$  m/sであり、通常は1倍速又は2倍速で記録/再生するが、1、2、4、6倍速の全てで記録/再生できれば望ましい。このような、CD-Eの使用方法は、公表されていないが、現在すでに市場に出回っている、ライトワンス型の記録可能CD (CD-R、CD-ReWritable) では、1-6倍速の広い範囲の線速度で記録可能であることが望ましい。この場合、好ましいパルス分割方法としては、まず、マーク長変調方式として $m = n, n-1$ 、又は、 $n-2$ なるEFM変調を採用し、 $V$ として $V_L, 2V_L, 4V_L$ 、又は、 $6V_L$ の有限個の値を取りうるものとする。線速 $2V_L$ 以上において $\alpha_{i1} = 1.5$ 又は $1.0$ 、 $\beta_{i1} = \alpha_{i1} = 0.5$  ( $2 \leq i \leq m$ ) とし、且つ、全ての線速度において、 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ ) としている。更に、線速度 $2V_L$ では $P_{b_i} = P_r \pm 0.5$  mW ( $1 \leq i \leq m$ ,  $P_r$ は再生光パワー)、線速度 $V = V_h = 4V_L$ 又は $6V_L$ においては $P_{b_i} = P_e \pm 0.5$  mW ( $1 \leq i \leq m$ )、線速度 $V_L$ においては $0.05 < \alpha_i < 0.5$  ( $2 \leq i \leq m$ ) 及び $\alpha_{i1} \leq \alpha_{i2}$ となるように線速度に応じて記録パルス分割方法を変

更させる。但し、 $\beta_m = 0.5$  又は  $\beta_m \neq 0.5$  (0 であり得る) とする。この例を図8に示した。

【0027】或いは、上記に代えて、マーク長変調変調方式として  $m = n$ 、 $n - 1$ 、又は、 $m - 2$  の EFM 変調を用い、線速度  $V$  として  $V_1 = 1.2 \sim 1.4 \text{ m/s}$  の1、2、4、又は、6倍速の有限個の範囲を取り得るものとし、 $\alpha_i = 0.05 \sim 1.5$ 、且つ、全ての線速において  $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ 、 $\beta_m$  は0を含み、他の  $\beta_i$  とは異なる値を取り得る) とし、 $\theta_i = P b_i / P e$ 、又は、 $P b_i$  は記録媒体及び線速に依存せず一定であり、 $\alpha_i$  は、同一記録媒体に対しては、記録時の線速度が小さいほど単調に小さくなるように、線速度  $V$  に応じて記録パルス分割方法を変更させることも出来る。この例を図9に示した。このようにすることで、種々の線速度で記録を行う多種の記録装置に対して、1種類の媒体で対応できる。

【0028】上記光記録方法に適した CD-E 記録媒体として、より具体的には、基板上に少なくとも下部誘電体保護層、 $\{(\text{GeTe}), (\text{Sb}_2\text{Te}_3)_{1-y}\}_{1-x}\text{Sb}_x$  ( $0 \leq x < 0.1$ 、 $0.2 < y < 0.9$ ) 記録層、上部誘電体保護層、金属反射層を順に設けてなり、記録層膜厚が  $15 \sim 30 \text{ nm}$ 、上部誘電体保護層膜厚が  $10 \sim 30 \text{ nm}$  とした相変化型媒体が挙げられる。或いは、この記録層を、 $M_y(\text{Te}_{1-x}\text{Sb}_x)_{1-y}$  ( $0 \leq y < 0.3$ 、 $0.5 < x < 0.9$ 、 $M = \text{In}$ 、 $\text{Ga}$ 、 $\text{Zn}$ 、 $\text{Ge}$ 、 $\text{Sn}$ 、 $\text{Si}$ 、 $\text{Co}$ 、 $\text{Cr}$ 、 $\text{Cu}$ 、 $\text{Ag}$ 、 $\text{Au}$ 、 $\text{Pd}$ 、 $\text{Pt}$ 、 $\text{S}$ 、 $\text{Se}$ 、 $\text{O}$  のうちの少なくとも1種) に代えてもよい。特開平4-212735号公報及び特開平5-62193号公報は、特に CD 線速において書き換え可能な GeSbTe 記録層を用いた相変化型記録媒体に関する先行技術であり、長マークで記録パルスを分割する記録方法が示されている。しかし、上記2倍速 ( $2V_1$ ) におけるパルス分割方法は示唆すらされておらず、また、2、4、6倍速で記録するときを生じる線速度依存性の問題についてはなんら記載されていない。更に、特定の組成範囲の GeSbTe 記録層及び特定の層構成に限定されており、他の相変化記録媒体との互換性を確保する方法については全く開示されていない。特開平7-37251号公報、及びその発明者等による学会発表 (International symposium on Optical Memory, 1995, Knanazawa, Japan, No. P-33) においては、 $\text{AgInSbTe}$  記録層を用いた CD-E 媒体の例及びその記録方法が例示されている。しかしながら、やはり、線速度依存性の問題及びその解決方法についてはなんら開示されていない。

【0029】予めディスクに記載された上記パルス分割方法を読み取り、指定されたパルス分割方法及び線速度で記録を行なうスキームを自動的に実施する装置を使用すれば、線速依存性は異なるが記録される情報のフォーマットが同じ複数の相変化媒体が市場に共存しても、その互換性をとることが出来る。即ち、ある特定の相変化

媒体を、ある特定の固定されたパルス分割方法のみを採用した記録装置で記録した場合に、再結晶化により正常な信号が記録されないという問題を解消し得る。より具体例として、上記 CD-E を挙げると、図8及び図9に示したような記録パルス分割方法を用い、そのディスクを使用できる線速が CD 線速  $1.2 \sim 1.4 \text{ m/s}$  の何倍速 ( $N$  倍速) であるかを明記し、( $N$ 、 $P_w$ 、 $P_e$ 、 $\theta$ 、 $\alpha_i$ 、 $\alpha$ 、 $\beta_m$ ) なるパラメータの組を記載すればよい。このとき、場合によっては、 $m$  及び  $n_i$  も可変とする。ここで、図8及び図9の記録方法では、 $\alpha_i$  ( $2 \leq i \leq m$ ) の値は同一の  $N$  に対しては一定であるので、1つの値  $\alpha$  で代表している。また、 $\alpha_i + \beta_{i-1} = 1.0$  ( $2 \leq i \leq m$ ) としている。なお、 $P_w$ 、 $P_e$  はパワーの絶対値で与えてもよく、一方を他方の比で与えてもよい。また、双方を別途定められた基準となるパワーとの比で与えてもよい。なお、参照すべき線速に対して記録パワー等を記載することは既に CD-R 規格 (オレンジブック、パート2) において利用されている。但し、パルス分割方法を線速に応じて変更するとの記載はない。

#### 【0030】

【実施例】以下に本発明の実施例を示すが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。以下の実施例では、 $780 \text{ nm}$  のレーザーダイオード、 $NA = 0.60$  の光学レンズを搭載したパルステック社製光ディスクドライブレスタ (DDU1000) を用いて記録 (1 ビーム・オーバーライト) を行った。再生光パワー  $P_r$  は  $0.8 \text{ mW}$  で線速によらず一定とした。媒体 CD 線速 ( $1.2 \sim 1.4 \text{ m/s}$ ) の1.2倍又は1.4倍で FEM ランダムパターンによる評価を行なった。また、クロック周期  $T$  は2倍速で  $115 \text{ ns}$  である。適当な条件で数回オーバーライトした後に、 $11 \text{ T}$  マークの再生信号の振幅 (peak-to-peak) の中心でスライスし、マーク長を検出した。検出にはタイムインターバルアナライザー (TIA、ヒューレットパッカード製、E1725A) を用いた (Jpn. J. Appl. Phys., vol. 31 (1992)、pp584-589等に開示された簡易法)。また、媒体は、直径  $120 \text{ mm}$  (CD サイズ) で、ピッチ  $1.6 \mu\text{m}$  のスパイラル状グルーブを有するポリカーボネート樹脂基板上に形成した。更に、消去パワー  $P_e$  は、 $22 \text{ T}$  単一周期 (デューティ比  $50\%$ ) で記録したマーク上に  $6 \text{ T}$  単一周期 (デューティ比  $50\%$ ) でオーバーライトした場合に、 $11 \text{ T}$  信号の残留信号のキャリアレベルと、 $3 \text{ T}$  信号のキャリアレベルとの差が  $20 \text{ dB}$  以上となるように選んだ。

【0031】媒体 A として、ポリカーボネート基板上に、 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$  [mol%] 層を  $100 \text{ nm}$ 、 $\text{Ge}_{22.0}\text{Sb}_{25.0}\text{Te}_{53.0}$  [at%] 層を  $25 \text{ nm}$ 、 $(\text{ZnS})_{80}(\text{SiO}_2)_{20}$  [mol%] 層を  $20 \text{ nm}$ 、Al 合金層を  $100 \text{ nm}$  順次にマグネトロンスパッタリング法にて積層し、更にその上に紫外線硬化樹脂を  $4 \mu\text{m}$  設

10

20

30

40

50



けることにより作成したディスクを用意した。一方、媒体Bとして同様な層構成で記録層のみを $\text{Ag}_{7.0}\text{In}_{12.0}\text{Sb}_{58.0}\text{Te}_{23.0}$ としたものを用意した。記録層に使用した上記2種類の合金材料は、書換え可能な相変化媒体の記録層材料として何れも従来から用いられており、共に市場に普及しつつある。これら2種類の記録層材料には、何れも特性に一長一短があり、どちらが優れていると簡単には決め難い。また、相互に大きく異なる結晶化・非結晶化プロセスを有し、相互に異なる線速依存性を示す。CD-Eへの適用を考えた場合に、特定の線速に限れば互換性を確保できるものの、従来、1-4倍速の\*

\* 広範囲においては互換性を確保するのが困難であった。

【0032】媒体A及びBに対して1、2、4倍速による記録を試み、良好な結果が得られたPw、Pe、Pb及びパルス分割方法の組合せについて表1にまとめた。ここで、良好な結果とは、EFMランダムパターンにおいて明瞭なアイパターンが得られ、最短マークである3TマークのジッターがTの10%未満となったことをいう。記録時のパルス分割パターンは図10に示した通りである。

【0033】

【表1】

	1倍速	2倍速	4倍速
媒体A m=n-1, Pb=Pr=0.8mW一定	$\alpha_1 = 0.52, \alpha = 0.20$ $\beta = 0.80, \beta_m = 0.50$ Pw=14mW, Pe=5mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.45$ $\beta = 0.55, \beta_m = 0.50$ Pw=14mW, Pe=6mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.50$ $\beta = 0.50, \beta_m = 0.00$ Pw=15mW, Pe=6mW
媒体B m=n-1, Pb=Pr=0.8mW一定	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.17$ $\beta = 0.83, \beta_m = 0.50$ Pw=11mW, Pe=5mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.31$ $\beta = 0.69, \beta_m = 0.50$ Pw=12mW, Pe=5mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.35$ $\beta = 0.65, \beta_m = 0.00$ Pw=13mW, Pe=7mW
(媒体A) m=n-2, (1倍速) m=n-1, (2、4倍速)	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.20$ $\beta = 0.80, \beta_m = 0.50$ Pw=14mW, Pe=5mW Pb=Pr=0.8mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.50$ $\beta = 0.50, \beta_m = 0.50$ Pw=14mW, Pe=6mW Pb=Pr=0.8mW	$\alpha_1 = 1.00, \alpha = 0.50$ $\beta = 0.50, \beta_m = 0.00$ Pw=15mW, Pb=Pe=6mW

【0034】上記実施例は、記録時の線速度が最大で4倍速、m=n-1、Pb=Pr(一定)としたEFM変調記録である。媒体Aに対しては表1の媒体Aとした欄で示したように、最大線速度が4倍速の場合に相当する記録方法において、1-4倍速の範囲で良好に記録可能である。上記表1より、媒体A及び媒体Bは、 $\alpha_i$ 、 $\alpha$  ( $2 \leq i \leq m$ に対する $\alpha_i$ の値)、 $\beta$  ( $1 \leq i \leq m-1$ に対する $\beta_i$ の値)、 $\beta_m$ 、 $\theta$ 、Pw、及び、Peを各線速において指定した値とすれば、良好なEFM信号の記録が可能であることが判明した。また、何れの場合も、低線速ほど $\alpha$ 及び $\theta$ の少なくとも一方を減少させるようなパルス分割方法が好ましいことが判明した。上記情報をATIP信号の「特別情報」として記載し、記録装置側でこの特殊情報を読み取ることは、特開昭63-103454号、特開平2-87344号、特開平2-198040号、特開平3-88124号、特開平3-237657号、特公平1-23859号、特開平3-3168号等の各公報に記載された既存の技術で実現できる。また、パルス分割方法を表1の如く可変とする回路技術※50

※ 自体は既存の技術の組合せで達成される。

【0035】以上、説明したように、本発明の特徴は、パルス分割方法のうち、特に、 $\alpha_i$ 、 $\beta_i$ 及び $\theta$ を可変とすること、及び、これを予めディスクに記載することの組合せによって、相変化媒体の互換性を確保することにある。

【0036】

【発明の効果】本発明の光記録方式を用いることにより、記録データのフォーマットに互換性を持たせながら、記録時の線速度が異なる種々の媒体に対して同一の記録装置で対応でき、特定の記録装置に特化したディスクが出回ることによる互換性欠除の問題が解消できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】従来の非晶質マークの反射特性を示すグラフ。

【図2】図1の非晶質マークの構造を示す模式的平面図。

【図3】nTマークを記録するマーク長変調方式におけるパルスパターンを例示する波形図。

【図4】本発明で採用されるマーク長変調におけるパル

スパターンを7Tマークの形成を例として示す波形図。

【図5】(a)及び(b)は夫々、4Tマークを記録するパルスパターンを例示する波形図。

【図6】(a)及び(b)は夫々、パルス印加期間を変えたときのパルスパターンを例示する波形図。

【図7】本発明で採用される記録媒体の層構成を示す断面図。

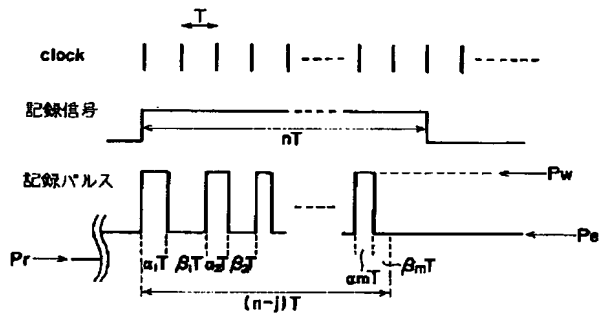
【図8】本発明の実施例で採用されるパルスパターンを例示する波形図。

【図9】本発明の実施例で採用される別のパルスパターン\*10

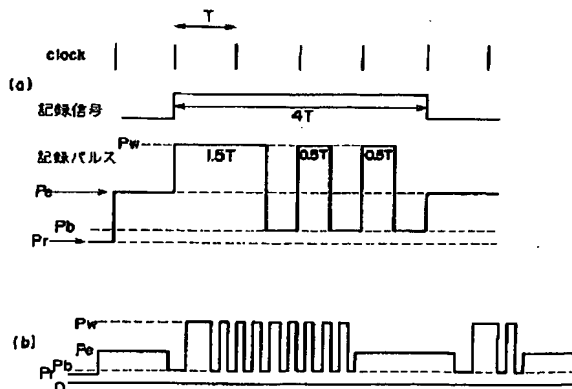
【図1】



【図3】



【図6】



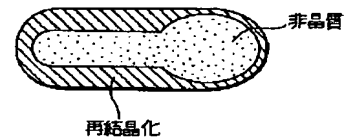
\*ンを例示する波形図。

【図10】本発明の実施例で採用される別のパルスパターンを例示する波形図。

【符号の説明】

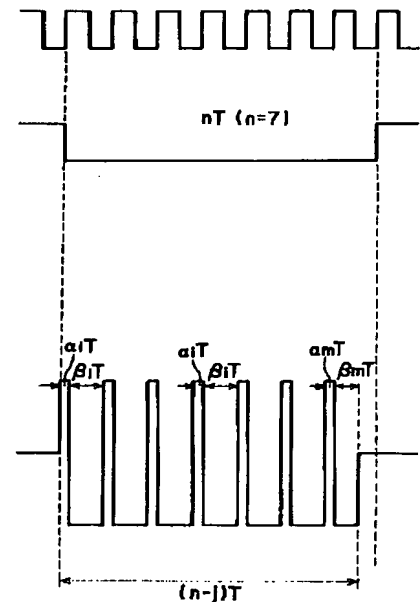
- 1 基板
- 2 下部保護層
- 3 記録層
- 4 上部保護層
- 5 反射層
- 6 保護層

【図2】

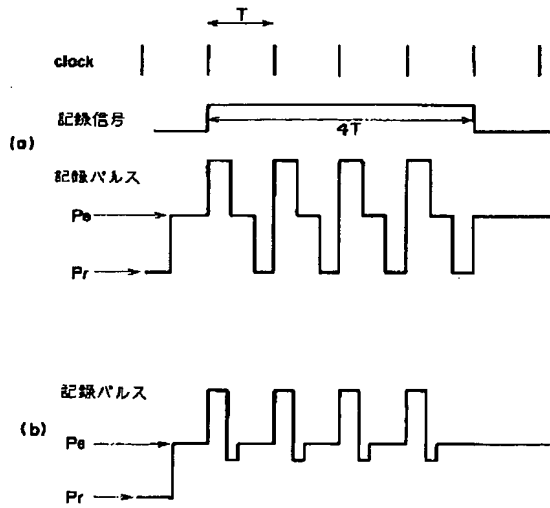


【図4】

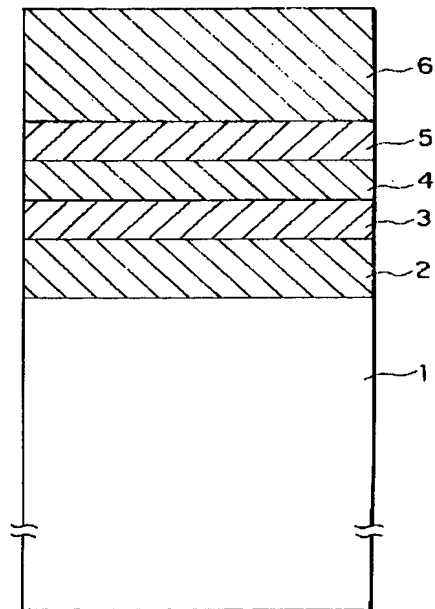
7Tを例とした



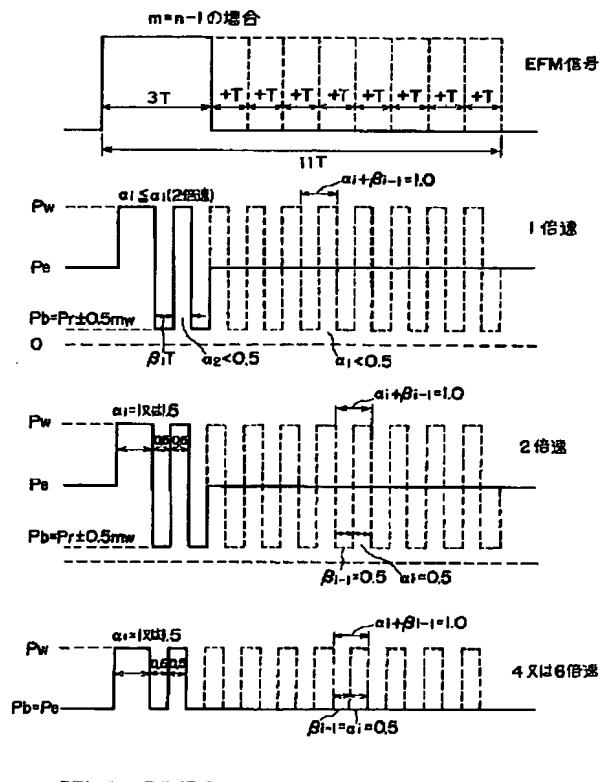
【図5】



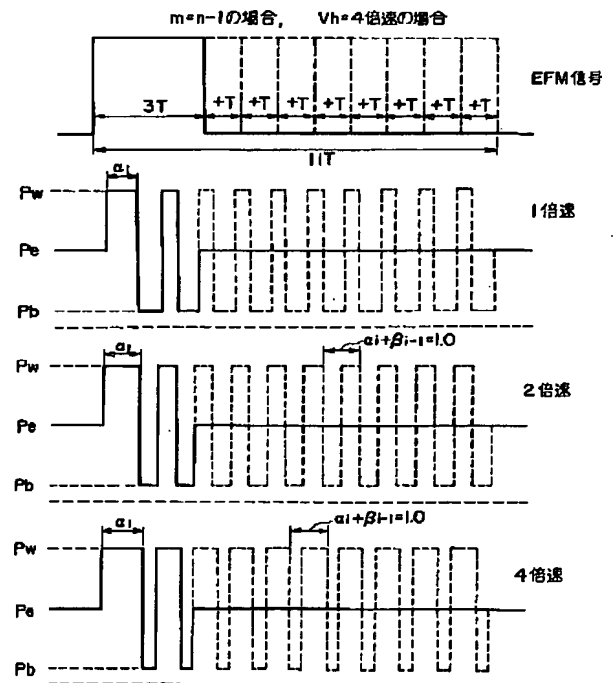
【図7】



【図8】



【図9】



【図10】

